



Рис. 2. Структурные схемы классического программного (а) и управления состояниями (б).

ны $\tau_{s1}(u)$ и $\tau_{s2}(u)$ не могут быть измерены до наступления состояний S_1 и S_2 , соответственно, поэтому в системе управления обязательно должен присутствовать прогнозатор;

- объект управления разделен, как минимум, на две подсистемы;
- в АСУ состояниями отсутствует задатчик изменения параметров

выхода $y_{зад}(\tau)$, а сравнение ведется не по фактическому и заданному выходам, а по времени наступления особых состояний подсистем.

В итоге, структура системы управления состояниями, в отличие от классической схемы программного управления (рис. 2а), имеет вид, приведенный на (рис. 2б).

Литература: 1. Найдек В.Л., Лисенко Т.В., Становский А.Л. Синхронизирующее управление процессами тепло-массопереноса в системе «оливка – форма». / Литейное производство, – 2007. - №7. - с. 23-25. 2. Становский А.Л., Лисенко Т.В., Худенко Н.П. Управление состояниями в сложных технических объектах. / Радиоэлектроника, Информатика, Управление. – 2007. - №1. с. 93 – 96.

УДК 66.045.1+661.634.2

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

Бабак Т.Г., Хавин Г.Л., канд. техн. наук (г. Харьков, Украина)

The problem of wet phosphoric acid plant modernization is considered. Some positions where plate heat exchangers may be installation are presented. Current status state and perspective view of plate heat exchangers using are discussed.

Технологическая схема экстракционного отделения типового производства фосфорной кислоты по дигидратному способу из апатитового концентрата предусматривает концентрацию фосфорной кислоты путем дальнейшего выпаривания.

Основными стадиями процесса являются:

- экстракция в экстракторе (многосекционном и многомешальном), куда подается подготовленное фосфатное сырье, циркуляционная фосфорная кислота и концентрированная серная кислота (до 93%);
- отвод тепла от образовавшейся в экстракторе пульпы осуществляется путем ее циркуляции через внешний вакуум-испаритель;
- отделение фосфорной кислоты на вакуум-фильтрах и ее подача из отделения экстракции на выпарку, где фосфорную кислоту концентрируют до содержания P_2O_5 порядка 52-54%.

Изучение стандартной схемы получения ЭФК показывает, что главный путь

совершенствования и интенсификации процесса это оптимизация условий разложения фосфатов и кристаллизации сульфата кальция в реакционном объеме. Это требует совершенствования технологического процесса и улучшения аппаратного оформления основного оборудования. Однако рост цен на энергоносители и усиление экологических требований к производству заставляют обратить внимание и на работающее на производстве вспомогательное оборудование, такое как теплообменные аппараты, использующиеся в технологической цепочке в качестве подогревателей и охладителей продуктовых и вспомогательных потоков. Существующая в настоящее время тенденция замены устаревшего кожухотрубного теплообменного оборудования на пластинчатое показала, что такая замена приводит к существенной экономии средств в процессе эксплуатации, а также обладает значительной простотой в обслуживании и переналадке [1]. Кроме того, компактность пластинчатых теплообменников позволяет при их установке существенно экономить производственные площади и облегчает доступ к основному оборудованию.

Анализ общей принципиальной схемы производства ЭФК [2,3] показывает, что для схемы влажной экстракции пластинчатые теплообменные аппараты могут быть установлены на следующих позициях:

- охлаждение раствора нагретой серной кислоты (78 – 98% H_2SO_4) - пластинчатый теплообменник;
- охлаждение слабоконцентрированной фосфорной кислоты (3%) после промывки осадка на фильтре – пластинчатый теплообменник;
- нагрев 30% фосфорной кислоты перед сернокислым осаждением – спиральный или пластинчатый теплообменник;
- охлаждение фосфорной кислоты (конечного продукта) с концентрацией 40 - 42% или 50 - 54% P_2O_5 после выпаривания – пластинчатый или спиральный теплообменник;
- охлаждение скрубберной кислоты (8 – 11% H_2SiF_6);
- выпаривание фосфорной кислоты;
- охлаждение воды, орошающей барометрические конденсаторы смешения в технологической схеме выпарной станции.

Таблица 1

Содержание различных металлов в сплавах

Сплав	Металлы, %				
	Cr	Nickel	Mo	Cu	Другие
AISI 316	17,0	12,0	2,0	-	
Avesta 254 SMO	20,0	18,0	6,1	1,7	N 0,2
Alloy C276	15,5	58,0	16,0	-	W
Hastelloy C22	21,0	44,0	17,5	-	W 3, Fe 2-6
Hastelloy G30	29,5	40,0	5,0	1,7	W 2,5, Fe 18-21
Hastelloy D205	20,0	64,5	2,5	2,0	Si 5, Fe 6

Серная кислота (33-35 т/ч в расчете на моногидрат) с концентрацией 92,5% (или 75% H_2SO_4), разбавленную до 55-57% охлаждают в графитовых холодильниках до 50-70°C и подают через распределительную коробку в первые три отделения экстрактора [2]. На этой позиции графитовый теплообменник (блочный или кожухотрубный) можно заменить на пластинчатый разборный. Охлаждение раствора нагретой

той серной кислоты, используемой в технологической схеме, диктуется потребностями ее многократного использования в процессе. Охлаждаемая серная кислота чистая, поэтому особых проблем с загрязнением поверхности пластин не должно возникать. Охлаждение слабоконцентрированной фосфорной кислоты это приложение пластинчатого аппарата для охлаждения P_2O_5 с концентрацией до 3% водой после промывки осадка на фильтре. Наиболее характерные данные для расчетов на этой позиции заключаются в охлаждении фосфорной кислоты с $50^\circ\text{C} \rightarrow 25-30^\circ\text{C}$ и нагрев воды с $20^\circ\text{C} \rightarrow 30-35^\circ\text{C}$.

На эти данные вполне достаточно рассчитать стандартный пластинчатый теплообменник с пластинами из сплава AISI 316 или SMO и прокладки из синтетической резины EPDM. Учитывая, что при работе аппарата на этой позиции возможно усиление эффекта загрязнения теплопередающей поверхности, то расчет теплообменника лучше производить с запасом по коэффициенту теплопередачи 10% (margin 10%) и контролировать величину касательного напряжения на стенке пластин по стороне фосфорной кислоты не менее $\tau > 50$ Па.

Нагрев 30% фосфорной кислоты перед сернокислым осаждением производится с температуры 20°C до 40°C горячей водой с начальной температурой 50°C . Нагреваемая кислота имеет очень сильную склонность к отложению на теплопередающей поверхности гипса и фторидов. Поэтому в зависимости от исходного сырья (размера и количества частиц) на этой позиции можно использовать пластинчатый или спиральный теплообменник.

При использовании пластинчатого теплообменника материал пластин выбирается в зависимости от концентрации кислоты, ее температуры, количества и состава примесей. Присутствие Cl, F, H_2SO_4 уменьшают сопротивление металла пластин коррозии, наличие Fe и Al наоборот усиливают сопротивление.

В любом случае для выбора пластинчатого или спирального аппарата очень важно знать содержание гипса в кислоте. На основе имеющегося опыта эксплуатации можно рекомендовать выбор материала теплопередающей поверхности: для кислоты с 50% P_2O_5 при температуре $< 85^\circ\text{C}$, при наличии примесей 1% HF, Fe_2O_3 , Al_2O_3 , 4% H_2SO_4 , 600 ppm HCl необходимо выбирать 254 SMO. Для кислоты с 50% P_2O_5 , с наличием примесей выше приведенных ограничений, необходимо применять материал G30 или графит. В качестве материала прокладок – EPDM. Для нагрева кислоты на этой позиции можно использовать спиральный теплообменный аппарат, с паром в качестве греющего теплоносителя.

Охлаждение конечного продукта – фосфорной кислоты с концентрацией 40 - 42% или 50 - 54% P_2O_5 производится в соответствие с температурным режимом, указанным в табл. 2.

Таблица 2

Начальная и конечная температура теплоносителей

Теплоноситель	Температурный интервал
Вода	$50^\circ\text{C} \rightarrow 37^\circ\text{C}$
30% P_2O_5	$40^\circ\text{C} \leftarrow 20^\circ\text{C}$
54% P_2O_5	$85^\circ\text{C} \rightarrow 55^\circ\text{C}$
54% P_2O_5	$55^\circ\text{C} \rightarrow 25^\circ\text{C}$

Эти процессы также сопровождаются высоким риском выпадения на теплопередающей поверхности гипса и фторидов. При высоком содержании гипса рекомендуется устанавливать либо ширококанальный пластинчатый аппарат с широким каналом по стороне кислоты (Wide Gap), либо спиральный теплообменник.

При выборе ширококанального аппарата необходимо максимально учитывать вероятность высокой интенсивности загрязнения. Для этого расчет теплообменника обязательно производить с запасом по коэффициенту теплопередачи не менее 10% (margin 10%) и контролировать величину касательного напряжения на стенке пластин по стороне фосфорной кислоты не менее $\tau > 50$ Па.

При выборе спирального аппарата в качестве материала теплопередающей поверхности используют: AISI 316L, 904L, 254 SMO, Sanicro 28, C-276, G30 (в порядке возрастания); прокладки – MS2000 (клингерсил), PTFE (в порядке возрастания). Минимальный зазор между спиральями по обеим сторонам – 10 мм; фактор загрязнения – 0,001. Зазор равный по обеим сторонам дает возможность переключения сторон кислоты и воды для промывки. Водой можно чистить сторону кислоты, а кислотой растворять налет на поверхности пластин по стороне воды.

Таблица 3

Данные для расчета теплообменников 1-й и 2-й ступени охлаждения 54% P_2O_5 и нагрева 30% P_2O_5

1-я ступень	Тепловая нагрузка Q = 879,6 кВт	
Теплоноситель	Греющий	Нагреваемый
Среда	54% P_2O_5	Вода
Рабочее давление, МПа	$P_1 = 0,5$	$P_2 = 0,5$
Расход, кг/ч	$G_1 = 40\ 000$	$G_2 = 30\ 300$
Входная температура, °C	$T_1 = 85$	$T_3 = 25$
Выходная температура, °C	$T_2 = 55$	$T_4 \leq 50$
Потери давления, МПа	$\Delta P_1 \leq 0,1$	$\Delta P_2 \leq 0,1$
2-я ступень	Тепловая нагрузка Q = 858,6 кВт	
Теплоноситель	Греющий	Нагреваемый
Среда	54% P_2O_5	Вода
Рабочее давление, МПа	$P_1 = 0,5$	$P_2 = 0,5$
Расход, кг/ч	$G_1 = 40\ 000$	$G_2 = 37\ 000$
Входная температура, °C	$T_1 = 55$	$T_3 = 20$
Выходная температура, °C	$T_2 = 25$	$T_4 \leq 40$
Потери давления, МПа	$\Delta P_1 \leq 0,1$	$\Delta P_2 \leq 0,1$
Нагрев 30% P_2O_5	Тепловая нагрузка Q = 906,0 кВт	
Теплоноситель	Греющий	Нагреваемый
Среда	Вода	30% P_2O_5
Рабочее давление, МПа	$P_1 = 0,5$	$P_2 = 0,5$
Расход, кг/ч	$G_1 = 60\ 000$	$G_2 = 50\ 000$
Входная температура, °C	$T_1 = 50$	$T_3 = 20$
Выходная температура, °C	$T_2 = 37$	$T_4 \leq 40$
Потери давления, МПа	$\Delta P_1 \leq 0,1$	$\Delta P_2 \leq 0,1$

В качестве проектного расчета теплообменников на охлаждение и нагрев концентрированной фосфорной кислоты были рассмотрена позиция охлаждения готового продукта 54% P_2O_5 концентрации и нагрев фосфорной кислотой 30% P_2O_5 концентрации, табл.2.

Охлаждение готового продукта производится в две ступени. На первой ступени концентрированная кислота 54% P_2O_5 охлаждается водой с температуры 85°C до 55°C и далее на второй ступени с 55°C до 25°C. Данные для расчета теплообменников 1-й и 2-й ступени представлены в табл.3.

Для установки на данной позиции были выбраны теплообменники шведской фирмы «Альфа Лаваль». В качестве материала пластин для таких коррозионно-активных сред как фосфорная кислота принят сплав Hastelloy G30, металлургический состав которого приведен в табл.1. Характерной особенностью данного материала является самое высокое содержание хрома, достаточно высокое содержание молибдена и вольфрама. Минимальная толщина пластин из этого материала составляет 0,6 мм. В качестве материала прокладок для пластинчатых аппаратов на фосфорную кислоту следует применять синтетическую резину EPDMCT. Способ крепления – CLIP-ON (безклеевой). Направление движения теплоносителей – противоточное. Расчеты проводились с учетом запаса по коэффициенту теплопередачи 10%. В результате для первой ступени к установке можно принять разборный пластинчатый аппарат марки M10-BFM с диаметром коллекторов 100 мм, для второй - M15-BFM с диаметром коллекторов 150 мм. Результаты расчетов аппаратов для первой ступени и второй ступени представлены в табл.4.

Нагрев фосфорной кислоты 30% P_2O_5 производится водой, данные для расчета теплообменника в табл.3, а результаты - в табл.4.

Одним из наиболее важных приложений для пластинчатого теплообменного аппарата является его использование в качестве оборудования для охлаждения кислоты скруббера 8 – 11% H_2SiF_6 . Охлаждение кислоты H_2SiF_6 производится водой с 50°C до 37°C. В качестве материала аппаратов можно использовать 245 SMO и C-276 с прокладками из EPDM. Можно использовать рекомендации по расчету и проектированию для предыдущих позиций нагрева и охлаждения концентрированной фосфорной кислоты.

Таблица 4

Результаты расчета теплообменников для первой, второй ступеней
и нагрева 30% P_2O_5

Марка аппарата	Компоновка	Число пластин	Площадь поверхности теплообмена, м ²	Падение давления (горячая сторона), кПа	Падение давления (холодная сторона), кПа
1-я ступень					
M10-BFM	1×13ML/ 1×13MH	26	6,0	67,6	58,9
2-я ступень					
M15-BFM	1×25H/1×24H	50	29,8	82,9	79,8
Нагрев 30% P_2O_5					
M10-BFM	1×33H/1×33H	67	16,1	95,0	61,0

Литература: 1. Пластинчатые теплообменники в промышленности /Л. Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Г.Л. Хавин, О.П. Арсеньева. – Харьков: НТУ „ХПИ”, 2004.- 232 с. 2. Копылев Б.А. Технология экстракционной фосфорной кислоты.- Л.: Химия, 1981.- 224 с. 3. Технология фосфорных и комплексных удобрений / Под ред. С.Д. Эвенчика, А.А. Бродского.- М.: Химия, 1987.- 452 с.

УДК 338.242 (075.8)

К РАЗРАБОТКЕ МЕТОДОВ ЭКСПЕРТИЗЫ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Савченко Н.Н., Рубан Е.Н. (г. Харьков, Украина)

Some going is considered near development of directions of examination efficiency of introduction of innovative processes

Согласно Закону Украины «Об инновационной деятельности» от 4 июля 2002 года № 40-IV все инновационные проекты должны пройти государственную регистрацию, которую осуществляет по предоставлению субъектов инновационной деятельности, специально уполномочен центральный орган исполнительной власти в сфере инновационной деятельности. Этот орган ведет Государственный реестр инновационных проектов. Необходимым условием заноса проекта до Государственного реестра инновационных проектов является его квалифицирование. Для квалифицирования инновационных проектов специально уполномочен центральный орган исполнительной власти в сфере инновационной деятельности определяет отдельное Учреждение, которое реализует проведение экспертизы принятых на рассмотрение проектов.

Проблемой в квалифицировании инновационных проектов является вопрос относительно экспертизы этих проектов, которая выполняется за счет средств субъектов инновационной деятельности, представляющих инновационные проекты на государственную регистрацию в соответствии с Законом Украины «О научной и научно-технической экспертизе». Проекты, которые признаны за результатами экспертизы инновационными, заносятся специально уполномоченным органом исполнительной власти в сфере инновационной деятельности к Государственному реестру инновационных проектов. Инновационные проекты из приоритетных направлений инновационной деятельности, утвержденных Верховной Радой Украины, признаются приоритетными инновационными проектами. Сегодня в Украине главными целями научно-инновационного и инновационного развития является:

- повышение роли научных и технологических факторов в преодолении кризисных явлений в социально-экономическом развитии Украины; создание эффективных механизмов сохранения, развития и эффективного использования национального научно-технологического потенциала;
- технологическое переоборудование и структурная перестройка производства с целью наращивания выпуска товаров, конкурентоспособных на мировом и внутреннем рынках;
- увеличение экспортного потенциала за счет наукоемких отраслей производства, уменьшения зависимости экономики, от импорта;
- организационное включение инновационных факторов к процессу социально-экономического развития государства;
- возрождение творческой деятельности изобретателей и рационализаторов производства;
- развитие человека как личности, сохранение и защита его здоровья.